

机器人辅助技术在妇科领域的研究进展

王馨, 王冬

(重庆大学附属肿瘤医院妇科 重庆 400030)

摘要 **目的:** 总结机器人辅助技术在妇科领域中的相关研究进展, 并对其临床效果进行评价。**方法:** 对国内外机器人辅助妇科手术相关的文献进行系统回顾, 对机器人辅助手术适用的妇科疾病进行探讨和总结。**结果:** 机器人辅助技术在大多数妇科良恶性肿瘤的治疗中具有良好的临床效果。**结论:** 机器人辅助技术广泛适用于妇科良恶性肿瘤的手术, 且在术后恢复、住院时间、手术并发症等方面具有一定优势。

关键词 机器人辅助技术; 手术机器人; 妇科

中图分类号 R713 R608 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 01-0070-05

Research progress of robot-assisted gynecologic surgery

WANG Xin, WANG Dong

(Department of Gynecological Oncology, Chongqing University Cancer Hospital, Chongqing 400030, China)

Abstract **Objective:** To summarize the research progress of robot-assisted technology in gynecology and evaluate its clinical effect. **Methods:** Literatures related to robot-assisted gynecologic surgery at home and abroad were systematically reviewed, and the gynecological diseases suitable for robot-assisted surgery were discussed and summarized. **Results:** Robot-assisted surgery has a good clinical effect in the treatment of most benign and malignant gynecological tumors. **Conclusion:** Robot-assisted technology is widely used in gynecological surgery for benign and malignant tumors, and it has certain advantages in postoperative recovery, length of hospital stay, and surgical complications.

Key words Robot-assisted Technology; Surgical Robot; Gynecology

微创技术在妇科领域中的应用越来越广泛, 腹腔镜手术由开始的诊断技术逐渐发展为手术治疗技术并取代了多数开腹手术。腹腔镜技术可作为多种良性及恶性疾病的优选手术入路, 具有切口小、术后恢复快、术后住院时间短等显著优势。但传统的腹腔镜技术往往使术者的灵活性及操作范围受到限制, 并且

传统腹腔镜技术的术野为 2D 画面, 缺乏真实感。机器人辅助腹腔镜技术的出现弥补了传统腹腔镜手术的缺陷, 逐渐扩大了外科手术的适用范围。由于机器人辅助腹腔镜技术具有 3D 术野、360° 可旋转操作臂、自动滤除生理震颤等优势, 其在妇科手术中的应用越来越广泛。

收稿日期: 2022-05-05 录用日期: 2023-09-20

Received Date: 2022-05-05 Accepted Date: 2023-09-20

通讯作者: 王冬, Email: cqwindow120@163.com

Corresponding Author: WANG Dong, Email: cqwindow120@163.com

引用格式: 王馨, 王冬. 机器人辅助技术在妇科领域的研究进展 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (1): 70-74.

Citation: WANG X, WANG D. Research progress of robot-assisted gynecologic surgery [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(1): 70-74.

1 达芬奇机器人手术系统简介

2000年,达芬奇机器人手术系统成为第1个获得美国食品药品监督管理局批准的机器人手术系统,并于2005年被批准应用于妇科手术^[1]。目前该系统已成为全球应用最广、最先进的机器人手术系统。达芬奇机器人手术系统由3部分组成,包括外科医师操作台、床旁机械臂和3D成像系统。该系统共有4条机械臂,其中一条机械臂持有立体腔镜,通过3D成像系统,可以获得放大10~15倍的3D高清立体图像。另外3条机械臂持有可互相更换使用的Endo wrist仪器,器械直径为5 mm或8 mm。妇科手术中常用的是包括腔镜臂在内的3条机械臂,另外两条机械臂常持有可互换的双极电刀、单极电刀或持针器。达芬奇机器人手术系统存在以下优势:①3D高清放大术野,同时可行荧光显像;②360°旋转机械臂,操作更灵活,精确度和稳定性更高;③主刀医生可灵活选择舒适的姿势进行手术操作;④可进行远程线上会诊及手术指导^[2-3]。

2 达芬奇机器人在妇科手术中的应用

2.1 妇科良性疾病 目前,机器人手术在妇科良性疾病中的应用包括但不限于子宫肌瘤切除术、附件手术、子宫内膜异位症切除术、阴道骶骨固定术、子宫切除术等。

2.1.1 子宫肌瘤切除术 子宫肌瘤切除术是妇科常见手术,该手术的原则是在改善症状的同时保留患者的生育功能。子宫肌瘤切除术可以通过宫腔镜、传统腹腔镜、机器人辅助腹腔镜或开腹手术进行。手术入路通常根据肌瘤类型、肌瘤大小、肌瘤数量、患者情况及外科医生的经验和技能来决定。许多既往研究表明,微创子宫肌瘤切除术替代传统开腹手术是安全、可行的,同时具有减少失血量、缩短住院时间、减少肠梗阻、降低术后发热率、减少术后感染、改善术后疼痛等优点^[4-5]。2011年一项对575例子宫肌瘤切除术的研究结果表明,机器人手术

可降低失血量和缩短住院时间^[6]。一项回顾性研究分析了1995年—2009年在同一机构进行的374例子宫肌瘤切除术,结果表明机器人手术入路和传统腹腔镜入路及开腹入路在术中出血和保留生育功能结果方面未见明显差异^[7]。当计划进行肌瘤切除术时,可考虑机器人手术入路。但若为巨大子宫肌瘤或考虑肉瘤变等情况时,需慎重选择机器人手术。

2.1.2 良性子宫切除术 良性疾病的子宫切除术亦是妇科常见手术,无生育要求的子宫平滑肌瘤或子宫腺肌病等患者可选择此术式。非巨大子宫肌瘤及不考虑肉瘤变者可优先选择微创手术。Lim C S等人^[8]发表的一项前瞻性队列研究主要调查了良性疾病子宫切除术中从腹腔镜手术中转到开腹手术的危险因素和结局。该研究结果显示,在密歇根州接受腹腔镜手术的6992例女性患者中有3.93% ($n=275$) 转为开腹手术。在校正了社会经济差异、子宫切除术指征和术中因素后,与传统腹腔镜相比,机器人辅助腹腔镜手术中转开腹手术的概率降低(0.8% Vs 5.4%, $P<0.001$),而且完成手术例数越多的外科医生在进行机器人辅助腹腔镜手术时中转开腹手术的可能性越小。

2.1.3 阴道骶骨固定术 盆腔器官脱垂的发生率随着年龄和分娩次数的增加而增加。一项人口分析表明,盆腔器官脱垂在70~74岁的女性中发病率最高^[9]。阴道骶骨固定术定义为阴道顶端悬吊至骶前纵韧带,专家认为经腹入路为该手术的金标准。微创手术的发展为该手术开辟了新的道路,机器人辅助手术理论上可以进行更精准、更复杂的缝合,但目前相关的研究较少,需要前瞻性试验进一步明确机器人辅助技术在此类手术中的作用。

2.1.4 其它良性手术 虽然机器人辅助技术在治疗深部浸润性子官内膜异位症、输卵管再吻合、骶结肠固定术/宫颈固定术等方面均有应用,但目前相关研究较少,可用的证据尚不足以做出明确的建议。

2.2 妇科恶性疾病

2.2.1 子宫内膜癌 微创手术是无瘤原则下子宫内膜癌的首选治疗方式。子宫内膜癌全面分期手术包括难度和风险极大的腹主动脉旁淋巴结清扫，而腹主动脉旁淋巴结毗邻输尿管、下腔静脉和腹主动脉等，该处解剖结构复杂，手术难度极高。传统腹腔镜存在暴露困难、2D 术野、操作角度局限、器械稳定性差等明显不足，而机器人辅助手术可以纠正上述不足，以实现更准确、彻底的淋巴结切除。机器人辅助手术可以克服传统腹腔镜手术的局限性，而且不需要传统腹腔镜技术作为先决条件，机器人辅助手术的学习曲线也明显要比传统腹腔镜手术平缓。

肥胖女性为子宫内膜癌的高发人群。多项研究显示，机器人辅助手术或可成为肥胖子宫内膜癌患者的最佳治疗方法。Seamon L G 等人^[10]的研究发现，机器人手术组的输血率更低、并发症更少、住院时间更短。2011 年的另一项研究对子宫内膜癌肥胖患者行开腹手术和机器人辅助手术进行了对比，结果发现了类似的结论。Subramaniam A 等人^[11]比较了 73 例开腹手术和 104 例机器人手术的肥胖女性患者手术结局，发现两组间淋巴结切除平均计数结果相似，但机器人组在术中失血量、输血、住院时间、伤口和非伤口并发症发生率方面更有优势。Gehrig P A 等人^[12]进行了一项历史病例对照研究，研究对象选择肥胖和过度肥胖子宫内膜癌患者，根据手术方式不同分为进行机器人手术组和腹腔镜手术组，结果显示机器人手术组较腹腔镜手术组手术时间短、出血量少、淋巴结计数多、住院时间短。Chan J K 等人^[13]研究了病态肥胖患者 ($BMI > 40 \text{ kg/m}^2$) 与三种手术方式相关的并发症发生率，该研究纳入了来自全国的 1087 例接受手术治疗的病态肥胖子宫内膜癌患者，其中开腹手术 567 例，腹腔镜手术 98 例和机器人辅助手术 422 例，三组的总并发症发生率分别为 23%、13% 和 8% (所分析的并发症

指标包括输血、机械通气、尿路损伤、胃肠道损伤、伤口清创、感染、静脉血栓栓塞和淋巴水肿)。结果显示，与开腹手术组相比，腹腔镜手术组和机器人辅助手术组的患者输血更少，住院时间也更短，腹腔镜和机器人辅助手术都是利于病态肥胖人群的手术方式。2018 年的另一项回顾性研究对比了肥胖性子宫内膜癌患者接受不同手术治疗的临床疗效，该研究中有 249 例患者接受了机器人辅助手术，406 例患者接受了常规腹腔镜手术，结果显示机器人辅助手术的总手术时间延长、中转开腹手术率降低、淋巴结切除术开展率增加^[14]。但开腹手术切口较长，可能会导致患者术后活动能力下降，增加肥胖伴恶性肿瘤患者的静脉血栓栓塞发生率，而小切口可降低术后出现切口感染和切口分离的概率。

机器人辅助手术的另一个优势是其可通过荧光显像进行前哨淋巴结定位。前哨淋巴结清扫术可规避系统性淋巴结切除术的缺点，如淋巴水肿、淋巴瘘等，同时又不影响早期发现淋巴结转移。整体而言，机器人辅助手术治疗子宫内膜癌是经过临床证实的、安全且有效的手术方式，临床中应综合评估患者情况，有选择性地施行合适的手术。

2.2.2 宫颈癌 宫颈癌根治术是早期宫颈癌的主要治疗方法，其一般适用于 FIGO 分期 I A₁~I B₂ 和 II A₁ 期。宫颈癌手术的入路始终饱受争议。2015—2018 年发布的美国国立综合癌症网络 (National Comprehensive Cancer Network, NCCN) 指南均推荐微创或经腹行宫颈癌根治术。Ramirez P T 等人^[15]2018 年在《新英格兰医学杂志》上发表了一项研究，即著名的 LACC 试验。该研究纳入 631 例 I A₁ 期、I A₂ 期和 I B₁ 期宫颈癌患者，其中 319 例行微创宫颈癌根治术 (微创组)，312 例行经腹宫颈癌根治术。微创组中有 84.4% 的患者行传统腹腔镜手术，15.6% 的患者行机器人辅助腹腔镜手术。因中期分析显示微创组的无病生存率较低，该研究于

4.5 年提前终止。经腹宫颈癌根治术组的 4.5 年无病生存率比微创组 (96.5% Vs 80.6%) 高。同样, 经腹宫颈癌根治术组 3 年的总生存优势为 5% (99.0% Vs 93.8%)。该研究结果提示微创组比经腹组有更高的死亡率和复发率。

自从 2006 年第 1 例机器人辅助宫颈癌根治术被报道以来, 一系列研究已经证实了机器人手术治疗早期宫颈癌的可行性、安全性和有效性^[16-17]。一项 Meta 分析比较了机器人辅助宫颈癌根治术与开腹手术和传统腹腔镜手术, 发现机器人辅助手术的出血量更少、住院时间更短、并发症更少^[18-19]。

尽管妇科癌症外科医生报道了机器人辅助手术在宫颈癌手术中的广泛应用 (如神经保留技术、保留生育能力的根治性子宫切除术), 但有关机器人辅助宫颈癌根治术长期生存数据的研究仍在进行中。使用微创技术治疗早期宫颈癌仍是当前临床研究的热点。Alfonzo E 等人^[20]进行了一项瑞典全国性队列研究, 该研究纳入瑞典 2011 年 1 月—2017 年 12 月病理亚型为宫颈鳞癌、腺癌或腺鳞癌的 I A₁~I B 期宫颈癌且行根治性子宫切除术的 864 例宫颈癌患者为研究对象, 其中 236 例开腹手术, 628 例机器人手术。结果显示, 开腹组和机器人组的 5 年 OS 分别为 92% 和 94%, DFS 分别为 84% 和 88%, 两组复发模式相似, 开腹手术和机器人辅助手术在长期生存率和复发模式上均无显著差异。

陈必良等人^[21]通过全国性多中心回顾性分析发现, FIGO 分期 I A₁ 期 (伴脉管癌栓)~II A₂ 期宫颈癌中, 机器人辅助手术 3 年内预后较经腹手术差, 然而在 I B₁ 期及肿瘤大小 <2 cm 的患者中, 机器人辅助手术与经腹手术结果相似, 这表明机器人辅助手术需合理选择患者。临床医生在采用微创手术治疗早期宫颈癌患者时需要进一步研究或改进手术技术, 以确保微创宫颈癌根治术的安全性。

在宫颈癌中, 存在淋巴结转移是补充放疗及化疗的指征。目前中晚期宫颈癌无法行根治

性手术患者, 可行分期手术, 即手术评估淋巴结进而评估放疗照射野的范围, 目前已被列为 2B 类证据。

机器人辅助手术是近代医学史上一项重大突破, 更加符合微创理念。宫颈癌微创手术疗效差的原因可能与 CO₂ 气腹、举宫器及未严格实施无瘤原则等相关。目前国内外正在发展多种方式 (如吊腹、无举宫等) 的微创手术, 但尚无有利的证据表明上述方式可改善宫颈癌患者生存结局, 机器人辅助宫颈癌根治术的长期疗效仍需进一步探索。

2.2.3 卵巢癌 与子宫内膜癌及宫颈癌相比, 目前机器人辅助手术治疗卵巢癌的证据尚不充分。腹腔镜和机器人手术通常用于附件肿物探查取病理, 但由于机器人手术费用高昂, 所以腹腔镜手术比机器人手术更常用。而且, 在晚期卵巢癌减瘤手术中通常需要进行肠切除、广泛的上腹手术及彻底的盆腹腔、肠系膜评估, 故很难通过腹腔镜或机器人手术实现。

在早期卵巢癌治疗中, 一些回顾性研究表明微创手术具有一定的安全性及可行性。在晚期卵巢癌治疗中, 不推荐使用微创技术进行减瘤术。微创技术可通过 Fagotti 评分来决定患者是否行中间减瘤术, 但是机器人辅助技术费用高昂, 仅行 Fagotti 评分未免“大材小用”。随着市场竞争和平台的完善, 机器人辅助手术的成本肯定会不断降低。在不久的将来, 机器人辅助手术或可成为早期卵巢癌手术治疗及 Fagotti 评分的主流方式。

3 总结

机器人辅助手术已经得到全球的广泛认可, 但其仍具有一定的局限性, 如费用高昂、缺乏触觉反馈、操作平台较大等。目前, 已有机器人操作平台融入了触觉反馈, 如 Senhance 操作台, 外科医生在采用该平台进行手术时可以感受到张力、牵引力等。机器人辅助手术的发展为临床医生带来无限的可能, 但在妇科肿瘤学领域,

仍需更多的随机临床试验进一步评估其安全性,从而帮助妇科肿瘤医生选择最合适的手术方式,进而改善患者的预后。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 王馨负责设计论文框架、论文检索、起草论文及修改论文;王冬负责拟定写作思路、指导撰写文章,并最后定稿。

参考文献

- [1] de Joliniere J B, Librino A, Dubuisson J B, et al. Robotic surgery in gynecology[J]. *Front Surg*, 2016. DOI: 10.3389/fsurg.2016.00026.
- [2] Moon A S, Garofalo J, Koirala P, et al. Robotic surgery in gynecology[J]. *Surg Clin North Am*, 2020, 100(2): 445–460.
- [3] Connor A, Pasic R, Quevedo A, et al. Robotic applications for benign gynecologic procedures[J]. *Surg Technol Int*, 2021. PMID: 34181238.
- [4] Arian S E, Munoz J L, Kim S, et al. Robot-assisted laparoscopic myomectomy: current status[J]. *Robot Surg*, 2017. DOI: 10.2147/RSRR.S102743.
- [5] Wright J D, Ananth C V, Lewin S N, et al. Robotically assisted vs laparoscopic hysterectomy among women with benign gynecologic disease[J]. *JAMA*, 2013, 309(7): 689–698.
- [6] Barakat E E, Bedaiwy M A, Zimberg S, et al. Robotic-assisted, laparoscopic, and abdominal myomectomy: a comparison of surgical outcomes[J]. *Obstet Gynecol*, 2011, 117(2 Pt 1): 256–266.
- [7] Soto E, Flyckt R, Falcone T. Endoscopic management of uterine fibroids: an update[J]. *Minerva Ginecol*, 2012, 64(6): 507–520.
- [8] Lim C S, Mowers E L, Mahnert N, et al. Risk factors and outcomes for conversion to laparotomy of laparoscopic hysterectomy in benign gynecology[J]. *Obstet Gynecol*, 2016, 128(6): 1295–1305.
- [9] MacLennan A H, Taylor A W, Wilson D H, et al. The prevalence of pelvic floor disorders and their relationship to gender, age, parity and mode of delivery[J]. *BJOG*, 2000, 107(12): 1460–1470.
- [10] Seamon L G, Bryant S A, Rheaume P S, et al. Comprehensive surgical staging for endometrial cancer in obese patients: comparing robotics and laparotomy[J]. *Obstet Gynecol*, 2009, 114(1): 16–21.
- [11] Subramaniam A, Kim K H, Bryant S A, et al. A cohort study evaluating robotic versus laparotomy surgical outcomes of obese women with endometrial carcinoma[J]. *Gynecol Oncol*, 2011, 122(3): 604–607.
- [12] Gehrig P A, Cantrell L A, Shafer A, et al. What is the optimal minimally invasive surgical procedure for endometrial cancer staging in the obese and morbidly obese woman[J]. *Gynecol Oncol*, 2008, 111(1): 41–45.
- [13] Chan J K, Gardner A B, Taylor K, et al. Robotic versus laparoscopic versus open surgery in morbidly obese endometrial cancer patients—a comparative analysis of total charges and complication rates[J]. *Gynecol Oncol*, 2015, 139(2): 300–305.
- [14] Corrado G, Vizza E, Cela V, et al. Laparoscopic versus robotic hysterectomy in obese and extremely obese patients with endometrial cancer: a multi-institutional analysis[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2018, 44(12): 1935–1941.
- [15] Ramirez P T, Adams S, Boggess J F, et al. Robotic-assisted surgery in gynecologic oncology: a Society of Gynecologic Oncology consensus statement. Developed by the Society of Gynecologic Oncology’s Clinical Practice Robotics Task Force[J]. *Gynecol Oncol*, 2012, 124(2): 180–184.
- [16] Boggess J F, Gehrig P A, Cantrell L, et al. A case-control study of robot-assisted type III radical hysterectomy with pelvic lymph node dissection compared with open radical hysterectomy[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2008, 199(4): 357.e1–7.
- [17] Kruijdenberg C B, van den Einden L C, Hendriks J C, et al. Robot-assisted versus total laparoscopic radical hysterectomy in early cervical cancer, a review[J]. *Gynecol Oncol*, 2011, 120(3): 334–339.
- [18] Shazly S A, Murad M H, Dowdy S C, et al. Robotic radical hysterectomy in early stage cervical cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. *Gynecol Oncol*, 2015, 138(2): 457–471.
- [19] JIN Y M, LIU S S, CHEN J, et al. Robotic radical hysterectomy is superior to laparoscopic radical hysterectomy and open radical hysterectomy in the treatment of cervical cancer[J]. *PLoS One*, 2018, 13(3): e0193033.
- [20] Alfonzo E, Wallin E, Ekdahl L, et al. No survival difference between robotic and open radical hysterectomy for women with early-stage cervical cancer: results from a nationwide population-based cohort study[J]. *Eur J Cancer*, 2019. DOI: [dog.org/10.1016/j.ejca.2019.05.016](https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.05.016).
- [21] CHEN B L, JI M, LI P F, et al. Comparison between robot-assisted radical hysterectomy and abdominal radical hysterectomy for cervical cancer: a multicentre retrospective study[J]. *Gynecol Oncol*, 2020, 157(2): 429–436.

编辑: 刘静凯